

· 基础研究 ·

冠状位膝外侧股胫偏移的影像测量与相关分析[△]邓文芳¹, 曾剑文², 袁灵梅², 梁超轶³, 熊伟¹, 郭灵¹, 潘斌¹, 魏文强¹, 熊羽康¹, 李勇¹, 曾志奎^{2, 3*}

(1. 江西中医药大学, 江西南昌 330004; 2. 江西中医药大学附属医院, 江西南昌 330006;

3. 江西中医药大学中药固体制剂制造技术国家工程研究中心, 江西南昌 330004)

摘要: [目的] 研究中国人群正常肢体存在冠状位膝外侧股胫偏移 (lateral femorotibial deviation, LFTD) 的发生率与程度, 分析其与其他影像学参数的相关性。[方法] 回顾性分析 2020 年 10 月—2023 年 10 月本院华奕区域医学影像系统符合纳入标准的双下肢全长负重位 X 线片, 测量 LFTD、胫骨近端内侧角 (mechanical medial proximal tibial angle, mMPTA)、髁-膝-踝角 (hip knee ankle angle, HKA)、机械轴偏离 (mechanical axis deviation, MAD)、外侧股骨远端机械角 (mechanical lateral distal femoral angle, mL DFA) 及关节线匹配角 (joint line congruence angle, JLCA), 评估该人群存在 LFTD 的程度及比例, 比较男女两性之间测量结果差异, 评估 LFTD 与其他影像学参数的相关性。[结果] 本研究共纳入了 387 个正常单侧下肢全长的 X 线片, 其中男性 123 例, 女性 264 例。总体 LFTD 为 (3.8±2.0) mm。本研究纳入 387 例正常的膝关节, 91 例 (74.0%) 男性膝关节和 170 例 (64.4%) 女性膝关节 LFTD>3 mm, 即膝关节存在体质性冠状位自然对位外侧偏移现象, 仅 6 例男性膝关节与 2 例女性膝关节 LFTD 为负值。两性比较方面, 男性组的年龄显著小于女性组 [(53.3±19.4) 岁 vs (59.6±15.3) 岁, $P=0.001$], 男性组 LFTD 显著大于女性组 [(4.2±1.9) mm vs (3.6±2.1) mm, $P=0.005$], 但是, 男性 JLCA 显著小于女性 [(1.9±1.9)° vs (2.5±2.3)°, $P=0.023$]。两性之间 HKA、mL DFA、mMPTA、MAD 的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。LFTD 与其他影像指标的两两相关分析表明, 所有影像测量指标均与 LFTD 相关, 相关程度依次为 mMPTA ($r=-0.343$, $P<0.001$), HKA ($r=0.334$, $P<0.001$) 和 MAD ($r=0.323$, $P<0.001$)。其他影像学参数相关程度较低: mL DFA ($r=0.123$, $P=0.016$) 和 JLCA ($r=0.110$, $P=0.030$)。[结论] 中国人群正常膝关节大部分存在一定程度的冠状位膝外侧股胫偏移, 其偏移程度与 mMPTA、HKA 及 MAD 存在一定的相关性。

关键词: 膝关节冠状位自然对位, 膝外侧股胫偏移, 影像测量, 胫骨平台骨折脱位**中图分类号:** R68**文献标志码:** A**文章编号:** 1005-8478 (2025) 04-0340-05

Image measurement and correlation analysis of coronal lateral femorotibial deviation of the knee // DENG Wen-fang¹, ZENG Jian-wen², YUAN Ling-mei², LIANG Chao-yi³, XIONG Wei¹, GUO Ling¹, PAN Bin¹, WEI Wen-qiang¹, XIONG Yu-kang¹, LI Yong¹, ZENG Zhi-kui^{2, 3}. 1. Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330004, China; 2. Affiliated Hospital, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330006, China; 3. National Engineering Research Center of TCM Solid Preparation Manufacturing Technology, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi 330004, China

Abstract: [Objective] To search the incidence and extent of lateral femorotibial deviation (LFTD) of the knee in normal lower limbs in Chinese population, and analyze its correlation with other imaging parameters. [Methods] A retrospective study was conducted on the the full length weight-bearing X-rays of both lower limbs taken in our hospital with Huayi Regional Medical imaging System from October 2020 to October 2023. The LFTD, mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA), hip knee ankle angle (HKA), mechanical axis deviation (MAD), mechanical lateral distal femoral angle (mL DFA) and joint line congruence angle (JLCA) were measured and compared between the male and female genders. The incidence and extent of LFTD were assayed in this population, additionally, the correlation between LFTD and other imaging parameters was analyzed. [Results] A total of 387 full-length X-rays of normal unilateral lower limbs were included in the study, involving 123 males and 264 females. The overall LFTD was of (3.8±2.0) mm. According to Nayak's criteria, among the 387 normal knees included in this study, 91 (74.0%) male knees and 170 (64.4%) female knees had LFTD >3 mm, which meant the knee had constitutional coronal lateral alignment deviation, and only 6 male knees and 2 female knees had negative LFTD. In terms of gender comparison, the male was significantly younger than the female [(53.3±19.4) years vs (59.6±15.3) years, $P=0.001$], the male had signifi-

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.110335

[△]基金项目: 国家自然科学基金项目 (编号: 82460938; 81960880); 江西中医药大学科技创新团队项目 (编号: CXTD22009)

作者简介: 邓文芳, 在读硕士研究生, 研究方向: 中医药防治骨折疾病的研究, (电子信箱) 15770942543@163.com

* 通信作者: 曾志奎, (电子信箱) zengzhekui185@163.com

cantly greater LFTD than the female $[(4.2\pm 1.9) \text{ mm vs } (3.6\pm 2.1) \text{ mm}, P=0.005]$, and the male proved significantly less JLCA than the female $[(1.9\pm 1.9)^\circ \text{ vs } (2.5\pm 2.3)^\circ, P=0.023]$. However, there were no significant differences regarding to HKA, mLDFA, mMPTA and MAD between men and women ($P>0.05$). As results of pairwise correlation analysis between LFTD and other image parameters, all the other image measurements were correlated with LFTD, and the correlation extent was ranked as mMPTA ($r=-0.343, P<0.001$). HKA ($r=0.334, P<0.001$), and MAD ($r=0.323, P<0.001$), mLDFA ($r=0.123, P=0.016$) and JLCA ($r=0.110, P=0.030$). [Conclusion] Most of the normal knee in Chinese population have some extent of lateral femorotibial deviation of the knee in coronal plane, which is correlated with mMPTA, HKA and MAD.

Key words: natural coronal alignment of the knee, lateral femorotibial deviation of knee, imaging measurement, tibial plateau fracture and displacement

胫骨平台骨折为常见关节内骨折, 部分 Schatzker IV 型胫骨平台骨折的同时合并了脱位, 此类患者术后容易出现胫骨平台增宽、侧方移位及内侧胫骨平台复位不良等问题^[1-4]。因此, 术中应尽量恢复膝关节的正常对位关系^[5, 6]。但目前对于胫骨平台骨折脱位手术的术后影像学评估, 尚缺乏统一的标准。在临床工作中, 本研究发现部分中国人群正常膝关节股骨远端与胫骨近端的冠状对位存在一定的解剖变异, 并将其描述为“体质性膝关节冠状位自然对位偏移现象”。然而, 目前尚无研究证实该现象的存在, 膝关节冠状位自然偏移程度如何? 这些研究数据对胫骨平台骨折脱位患者的影像学评估尤为重要。为此, 本研究纳入中国人群 387 个正常单侧膝关节影像, 进行了膝关节冠状位影像学相关参数测量和分析, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 年龄 >18 岁; (2) 均拍摄双下肢站立位全长 X 线片。标准前后位 X 线片, 髌骨朝前, 腓骨头与胫骨近端外侧边缘重叠约 $1/3\sim 1/2$ ^[7]。

排除标准: (1) 下肢有外伤或手术史以及下肢过度内翻, 髌膝踝角 $<170^\circ$ 的下肢全长 X 线片; (2) 下肢骨骼发育不良或骨病的下肢全长 X 线片; (3) X 线片上关节面轮廓模糊的下肢全长 X 线片; (4) 主诉有膝关节疼痛侧的下肢全长 X 线片。

1.2 一般资料

回顾性分析本院 2020 年 10 月—2023 年 10 月通过华奕区域医学影像系统中标准双下肢全长负重前后位 X 线片, 获取 387 个健康单侧下肢全长 X 线片 (通过门诊电子病历系统鉴定为健康肢体), 进行这项研究。

1.3 影像测量方法

膝关节的中心点被确定为内外侧胫骨棘的中点

(点 A)。踝关节的中心点被确定为距骨的中点 (点 B)。从膝关节中心点到踝关节中心点的直线被定义为胫骨机械轴 (图 1a)。股骨机械轴定义为从股骨头中心点 (点 D) 到膝关节中心点 (点 A) 的直线 (图 1b)。标准线 (线 a) 定义为膝关节中心点 (点 A) 与胫骨平台远端 10 cm 内外侧皮质中点 (点 C) 的连线^[8] (图 1c)。

外侧股骨远端机械角 (mechanical lateral distal femoral angle, mLDFA): 沿股骨内外侧髁最低点划一直线 e (图 1d), 其与股骨机械轴之间的外侧夹角即为 mLDFA。

关节线匹配角 (joint line congruence angle, JLCA): 股骨远端膝关节线 e (图 1d), 和胫骨近端的膝关节线 f 之间的角度为 JLCA, 夹角开口向外时记录正值, 夹角开口向内时记录负值。

冠状位膝外侧股胫偏移 (lateral femorotibial deviation, LFTD): 通过向外侧平移该标准线分别作股骨远端外侧最高点的切线 (线 b) 和胫骨平台外侧最高点的切线 (线 c), 两切线之间的距离 (线段 d) 定义为膝关节冠状位自然对位胫骨平台相对股骨远端的偏移距离即 LFTD (图 1e)。当胫骨平台外侧最高点的切线在股骨远端外侧最高点的切线外侧时, 记录为正值; 反则记录为负值。当 LFTD $>3 \text{ mm}$ 时, 则认为膝关节存在体质性冠状位自然对位外侧偏移, 如果偏移距离为 $-3 \text{ mm}\sim +3 \text{ mm}$, 则认为膝关节冠状位对位正常, 而偏移距离 $<-3 \text{ mm}$, 则认为膝关节存在体质性冠状位自然对位内侧偏移。

髌-膝-踝角 (hip knee ankle angle, HKA): 为股骨机械轴和胫骨机械轴形成的角度, HKA 角表示与 180° 的偏差, 膝内翻时记录为正值, 膝外翻时记录为负值。

内侧胫骨近端机械角 (mechanical medial proximal tibial angle, mMPTA): 为胫骨机械轴与膝关节线之间形成的内侧角 (图 1f)。

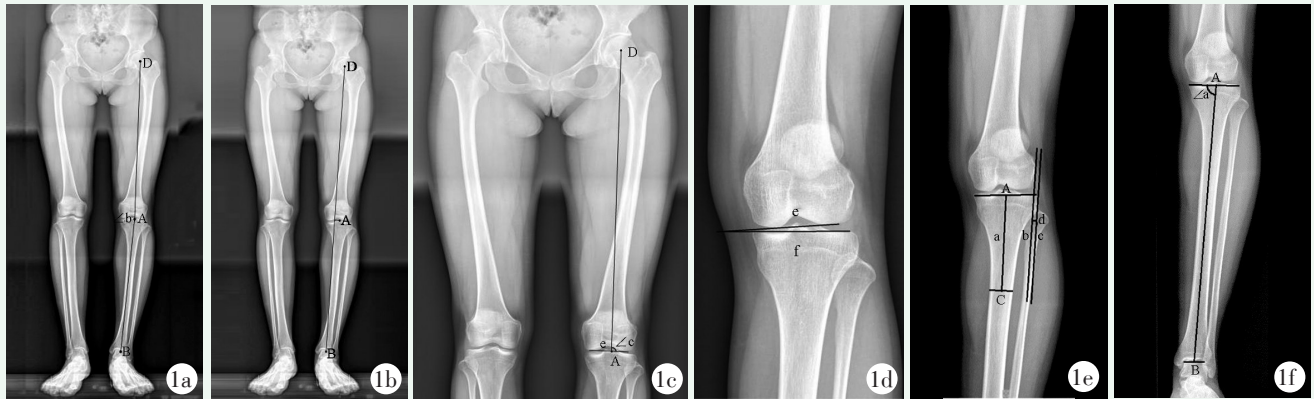


图 1. 影像测量。1a: HKA 为股骨机械轴（股骨头中心点 D 至膝关节中心点 A 的连线）和胫骨机械轴（膝关节中心点 A 至踝关节中心点 B 的连线）形成的角度；1b: 股骨头中心点 D 与踝关节中心点 B 连线为机械轴（MA），膝关节中心点 A 距 MA 的距离为 MAD；1c: 沿股骨内外侧髁最低点划一直线 e，连接股骨头中心点 D 与膝关节中心点 A 划一直线，两者之间的外侧夹角即为 mLDFA；1d: 股骨远端膝关节线 e 和胫骨近端的膝关节线 f 之间的角度为 JLCA；1e: 膝外侧股胫偏移距离，b 线为股骨远端外侧最高点的切线，线 c 为胫骨平台外侧最高点的切线，线段 d 为膝关节冠状位自然对位胫骨平台相对股骨远端的偏移距离；1f: 内侧胫骨近端机械角，胫骨机械轴 AB 与膝关节线之间形成的内侧角。

Figure 1. Imaging measurement of the knee. 1a: HKA is the angle formed by the mechanical axis of the femur (the line between the central point of the femoral head D and the central point of the knee joint A) and the mechanical axis of the tibia (the line between the central point of the knee joint A and the central point of the ankle joint B); 1b: The connection between the central point D of the femoral head and the central point B of the ankle joint is the mechanical axis (MA), and the distance between the central point A of the knee joint and MA is MAD; 1c: A straight line e is drawn along the lowest point of the medial and lateral condyle of the femur, and a straight line is drawn between the central point D of the femoral head and the central point A of the knee joint. The lateral Angle between the two is mLDFA; 1d: The Angle between the distal femoral knee line e and the proximal tibial knee line f is JLCA; 1e: Lateral femorotibial deviation (LFTD), is the segment d, the distance between the line b, the tangent line of the highest point of the distal lateral femur and line c, the tangent line of the highest point of the lateral tibial plateau; 1f: Mechanical medial proximal tibial angle (mMPTA) is the medial angle between the mechanical axis AB of the tibia and the joint line.

机械轴偏离（mechanical axis deviation, MAD）：股骨头中心点 D 与踝关节中心点 B 连线为下肢机械轴（MA），膝关节中心点 A 距 MA 的距离为 MAD。膝内翻时记录为正值，膝外翻时记录为负值。

1.5 统计学方法

使用 SPSS 22.0 软件进行数据处理，计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本 *t* 检验，资料呈非正态分布时，采用秩和检验。LFTD 与其他影像学参数间行两两 *Pearson* 或 *Sperman* 相关分析。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 冠状位膝外侧股胫偏移的发生情况

本研究共纳入了 387 个正常单侧下肢的影像，其中男性 123 个，女性 264 个。研究结果显示总体冠状位膝外侧股胫偏移距离（LFTD）为（3.8±2.0）mm。

本研究纳入 387 例正常的膝关节，91 例（74.0%）男性膝关节和 170 例（64.4%）女性膝关节 LFTD > 3 mm，即膝关节存在体质性冠状位自然对位

外侧偏移现象，仅 6 例男性膝关节与 2 例女性膝关节 LFTD 为负值。

2.2 两性影像测量指标比较

两性影像测量结果见表 1。男性组的年龄显著小于女性组（*P* < 0.05），男性组 LFTD 显著大于女性组（*P* < 0.05），但是，男性 JLCA 显著小于女性（*P* < 0.05）。两性的 HKA、mLDFA、mMPTA、MAD 的差异无统计学意义（*P* > 0.05）。

表 1. 男性组与女性组正常侧肢体影像测量资料（ $\bar{x} \pm s$ ）与比较

Table 1. Comparison of normal lower limb imaging measurements between the male and female ($\bar{x} \pm s$)

指标	男性组 (n=123)	女性组 (n=264)	P 值
年龄 (岁)	53.3±19.4	59.6±15.3	0.001
LFTD (mm)	4.2±1.9	3.6±2.1	0.005
HKA (°)	1.3±2.8	1.6±3.3	0.428
mLDFA (°)	87.8±2.8	87.5±2.8	0.376
mMPTA (°)	87.0±2.0	87.0±2.2	0.810
JLCA (°)	1.9±1.9	2.5±2.3	0.023
MAD (mm)	5.4±10.9	5.4±10.7	0.972

2.3 LFTD 与其他影像测量指标的相关分析

LFTD 与其他影像测量指标的两两相关分析结果见表 2 及图 2。所有影像测量指标均与 LFTD 相关，相关程度依次为 mMPTA ($r=-0.343, P<0.001$)、HKA ($r=0.334, P<0.001$) 和 MAD ($r=0.323, P<0.001$)。其他影像学参数相关程度较低：mLDFA ($r=0.123, P=0.016$) 和 JLCA ($r=0.110, P=0.030$)。

其中 mMPTA 与 LFTD 呈负相关，mMPTA 变小时，LFTD 越大；而 HKA 和 MAD 与 LFTD 呈正相

关，二者值越大时，LFTD 随之变大。

表 2. LFTD 与其他影像学参数的两两相关分析结果		
Table 2. Pairwise correlation between LFTD and other image parameters		
指标	r 值	P 值
HKA	0.334	<0.001
mLDFA	0.123	0.016
mMPTA	-0.343	<0.001
JLCA	0.110	0.030
MAD	0.323	<0.001

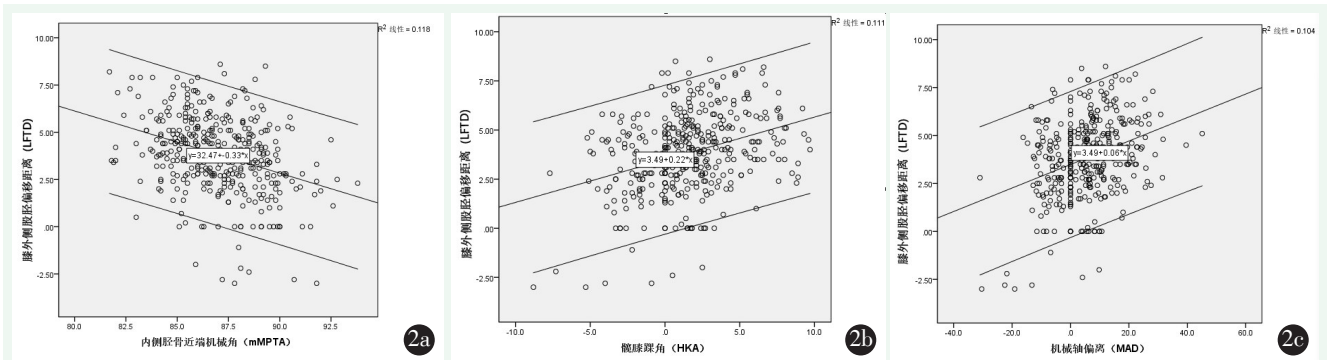


图 2. 387 例正常单侧下肢的 LFTD 与其他影像测量指标的两两相关分析散点-直线图。2a: LFTD 与 mMPTA；2b: LFTD 与 HKA；2c: LFTD 与 MAD。

Figure 2. Scatter-line plots of pairwise correlation between the LFTD and other imaging-measurements of the 387 cases normal unilateral lower limbs. 2a: LFTD and mMPTA; 2b: LFTD and HKA; 2c: LFTD and MAD.

3 讨 论

部分 SchatzkerⅣ型胫骨平台骨折的同时合并了脱位，表现为股骨远端和胫骨平台冠状位失去了正常的对位关系。Paley 等^[9]研究认为膝关节骨折脱位的标准为：X 线片示股骨远端关节面中心和胫骨平台中心位移>3 mm，或股骨远端与胫骨平台关节面成角>3°。胫骨平台骨折脱位手术的目标首先是纠正膝关节的力线及对位，其次是恢复关节面的平整性^[10, 11]。在临床工作及相关研究中，发现部分人群存在“体质性膝关节冠状位自然对位偏移及体质性膝内翻现象”，但其并无膝关节疼痛不适等症状^[12-14]。中国人群存在“膝关节冠状位自然对位不良”比率及程度如何？在治疗胫骨平台骨折脱位患者时，是将其恢复为膝关节“解剖”冠状对位还是“自然”冠状对位？查阅文献，目前尚无相关研究。为弥补此项空白，本团队特开展此研究。

本研究结果显示纳入人群中冠状位膝外侧股胫偏移距离距离 (LFTD) 男性大于女性 [(4.2±1.9) mm vs (3.6±2.1) mm, $P<0.05$]，其中 91 例男性 (74.0%) 和 170 例女性 (64.4%) LFTD >3 mm，作者将其描述为

膝关节冠状位“自然”对位外侧偏移。研究还发现，LFTD 与 mMPTA ($r=-0.343, P<0.001$) 存在负线性相关，而与 HKA ($r=0.334, P<0.001$) 及 MAD ($r=0.323, P<0.001$) 存在正线性相关。基于本研究发现，如果患者术前存在膝关节冠状位“自然”对位不良，且术前无膝关节不适，作者认为对于胫骨平台骨折脱位型患者的复位，应尽量复位至膝关节冠状位“自然”对位。因此，在给胫骨平台骨折脱位患者制定术前计划时，建议加拍健侧膝关节 X 线片（前提是患者术前双侧膝关节无疼痛、畸形及活动不利等症状），以此判断患者膝关节是否存在膝关节冠状位自然对位不良，从而为手术方案提供重要参考。

综上所述，本研究表明中国人群部分正常膝关节存在一定程度的冠状位“自然”对位不良，在治疗胫骨平台骨折脱位患者时，应该将此因素考虑进去，建议加拍健侧膝关节 X 线片。手术目标是否需要完全恢复至正常“解剖冠状对位”，还是“自然冠状对位”仍有待进一步研究，作者认为术前患侧膝关节是否存在临床症状是影响手术目标对位的重要因素。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 邓文芳：酝酿和设计实验、实施研究、采集分析和解释数据、文章撰写、统计分析；曾剑文：酝酿和设计实验、实施

研究、文章审阅、指导及支持性贡献；袁灵梅：酝酿和设计实验、实施研究、文章审阅、指导及支持性贡献；梁超轶、熊伟、郭灵、潘斌、魏文强、熊羽康、李勇：实施研究、采集数据、支持性贡献；曾志奎：酝酿和设计实验、实施研究、分析及解释数据、文章审阅、统计分析、获取研究经费、提供行政及技术或材料支持、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] 姜伟, 刘旭, 孔祥如, 等. 锁定板和前后拉力螺钉固定胫骨前外侧平台塌陷骨折[J]. 中国矫形外科杂志, 2023, 31 (10): 921-924. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.12.
- Jiang W, Liu X, Kong XR, et al. The locking plate and anterior and posterior pull screws fixed the anterolateral tibial plateau collapsed fracture [J]. Orthopedic Journal of China, 2023, 31 (10): 921-924. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2023.10.12.
- [2] 李松生, 宗淑君, 胡明鑫, 等. 过伸与非过伸型胫骨平台骨折的比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2024, 32 (2): 133-138. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.02.07.
- Li SS, Zong SJ, Hu MX, et al. Comparison of hyper-tension and non-hyper-tension tibial plateau fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2024, 32 (2): 133-138. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2024.02.07.
- [3] Keil LG, Mullis BH, Iii PT, et al. Proximal tibia fracture dislocations: Management and outcomes of a severe and under-recognized injury [J]. Injury, 2022, 53 (3): 1260-1267. DOI: 10.1016/j.injury.2021.09.035.
- [4] Moore TM. Fracture-dislocation of the knee [J]. Clin Orthop Relat Res, 1981, 156: 128-140.
- [5] 张宇, 胡军, 洪顾麒, 等. 前外联合后内侧入路复位内固定治疗伴冠状面半脱位的 Wahlquist C 型内侧胫骨平台骨折[J]. 中华骨科杂志, 2022, 42 (6): 349-356. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20210423-00312.
- Zhang Y, Hu J, Hong GQ, et al. Anterior and external approach combined with posterior medial approach reduction and internal fixation for type Wahlquist C medial tibial plateau fracture with coronal subluxation [J]. Chinese Journal of Orthopaedics, 2022, 42 (6): 349-356. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20210423-00312.
- [6] Wang QM, Yu JW, Zhong ZY, et al. Subdivision of injured area for Schatzker IV tibial plateau fracture repair: A report of 12 cases [J]. J Orthop Sci, 2020, 25 (3): 481-486. DOI: 10.1016/j.jos.2019.05.020.
- [7] Wang Z, Zheng Y, Meng D, et al. Anatomical imaging study on uneven settlement of the proximal tibia [J]. Orthop Surg, 2023, 15 (1): 239-246. DOI: 10.1111/os.13632.
- [8] Nayak M, Kumar V, Yadav R, et al. Lateral coronal bowing of femur and/or tibia amplifies the varus malalignment of lower limb as well as increases functional disability in patients with knee osteoarthritis [J]. Indian J Orthop, 2021, 55 (S1): 88-96. DOI: 10.1007/s43465-020-00303-3.
- [9] Paley D. Principles of deformity correction [M]. Berlin: Springer, 2002.
- [10] 梁周, 杨博, 文立春, 等. 复杂胫骨平台骨折数字和 3D 打印手术规划的意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (2): 119-124. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.02.05.
- Liang Z, Yang B, Wen LC, et al. Significance of digital and 3D printed surgical planning for complex tibial plateau fractures [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (2): 119-124. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.02.05.
- [11] Vanwanseele B, Parker D, Coolican M. Frontal knee alignment: three-dimensional marker positions and clinical assessment [J]. Clin Orthop Relat Res, 2009, 467 (2): 504-509. DOI: 10.1007/s11999-008-0545-4.
- [12] Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, et al. The Chitranjan Ranawat Award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus [J]. Clin Orthop Relat Res, 2012, 470 (1): 45-53. DOI: 10.1007/s11999-011-1936-5.
- [13] Jiang X, Xie K, Chen H, et al. A radiographic analysis of coronal morphological parameters of lower limbs in Chinese non-knee osteoarthritis populations [J]. Orthop Surg, 2024, 16 (2): 452-461. DOI: 10.1111/os.13952.
- [14] Wanezaki Y, Suzuki A, Takakubo Y, et al. Lower limb alignment in healthy Japanese adults [J]. J Orthop Sci, 2023, 28 (1): 200-203. DOI: 10.1016/j.jos.2021.10.016.

(收稿:2024-04-29 修回:2024-10-17)

(同行评议专家: 王北岳, 熊龙, 仇志强)

(本文编辑: 宁桦)